Aus dem Pharmakologischen Institut der Universität Würzburg
Vorstand: Prof. Dr. F. Flury

Untersuchungen zur Toxikologie des Ozons

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Medizin

vorgelegt von

Maria Rust

aus Ihorst in Oldenburg

1938

Buchdruckerei Richard Mayr, Würzburg.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg.

Referent: Professor Dr. Ferdinand Flury

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549822_0067

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. F. Flury meinen ergebensten Dank aussprechen für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates.

Herrn Dozent Dr. Wilh. Neumann danke ich für seine mir jederzeit freundlichst gewährte Unterstützung während der Anfertigung der Arbeit.

Herrn Dr. phil. Karl Beyer danke ich besonders für seine wertvolle Hilfe bei der Ausführung der Versuche.

Im Jahre 1840 fand Schönbein bei der Elektrolyse des Wassers eine Sauerstoffverbindung, die sich vom gewöhnlichen Sauerstoff unterschied durch ihren eigentümlichen Geruch, die stärker oxydierende Wirkung und die negativ elektrische Ladung. Den gleichen Geruch fand er auch in der Nähe einer tätigen Elektrisiermaschine. Diesem ursächlichen, riechenden Stoff gab er den Namen „Ozon". Später fand er Ozon noch bei langsamen Verbrennungen, besonders des Phosphors und in geringen Mengen auch in der atmosphärischen Luft.

Bedeutung des Ozons in der Medizin und Technik.

Ozon findet sich in Räumen, in denen elektrische Funken durch die Luft durchschlagen oder Kathoden- oder ultraviolette Lichtstrahlen auf Sauerstoff einwirken, z. B. in der Umgebung von Röntgenapparaten und Höhensonnen. Daher kann hier die Möglichkeit einer gesundheitlichen Schädigung ins Auge gefaßt werden.

Ozon macht den sogenannten „elektrischen" Geruch aus. Noch bei einer Verdünnung von 1 : 1 Million ist es in der Luft nachweisbar (8).

Als physiologische Wirkungen beim Einatmen werden in der Literatur angegeben: Verlangsamung des Pulses, Erniedrigung der Körpertemperatur, Sinken des Blutdruckes, Erhöhung des Hämoglobins und der Erythrocytenwerte, Schläfrigkeit, Stirnkopfschmerz und starke Reizung der Schleimhäute. Besonders gefährlich ist seine Wirkung auf die Lungen.

Ozon ist eines der stärksten Oxydationsmittel und zwar ist für diese Wirkung fast immer Feuchtigkeit notwendig. Seine bakterientötende Wirkung ist bei vollständigem Fehlen von Wasser sehr herabgesetzt.

Es kann angewandt werden zur Sterilisierung von Trinkwasser, als Konservierungsmittel und wegen seiner bleichenden Wirkung zum Entfärben.

Eigene Versuche.

Mir wurde die Aufgabe gestellt, die Wirkung von Ozon zu untersuchen, weil in neuerer Zeit in der Fachliteratur irreführende Angaben über die Giftigkeit des Gases veröffentlicht wurden. Besonders Fisch (6, 7) und Payr (20) behaupten, die Giftigkeit des Ozons sei nur auf die Beimengung von „Nitrosen Gasen" zurückzuführen, die bei der Herstellung des Ozons aus atmosphärischer Luft entstehen. Aus reinem Sauerstoff hergestelltes Ozon sei vollkommen unschädlich.

Die Behauptungen stützten sich auf wenige Versuche, bei denen die genaue Konzentration während des Versuches im Versuchsraum nicht ermittelt wurde und die bis jetzt von pharmakologischer Seite nicht bestätigt sind.

Beschreibung des angewandten Ozonisators und der übrigen Apparatur*).

Der angewandte Ozonapparat (13) bestand 1. aus einem Induktionsapparat, der Gleichstrom von 110 Volt umwandelt in hochgespannten Wechselstrom, und 2. aus 2mal 5 hintereinander geschalteten Siemens-Berthelot'schen Röhren, in denen der durchgeleitete Sauerstoff durch eine stille elektrische Entladung teilweise in Ozon umgewandelt wird. Durch elektrische Entladung erhält man nie reines Ozon, sondern stets ein Sauerstoff-Ozon-Gemisch.

Da für eine gute Ozon-Ausbeute absolute Trockenheit des Sauerstoffs notwendig ist, wurde dem Ozonisator eine mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllte Waschflasche vorgeschaltet.

Die Tiere saßen während des Versuches in einem Glaskäfig von 200 l bzw. 100 l Rauminhalt.

Vorversuche.

Vor Beginn der Tierversuche wurde zuerst die Leistung des Ozonisators bei wechselnder Durchleitungsgeschwindigkeit von Luft und Sauerstoff aus der Bombe und wechselnder Ampèrezahl mit der Jodkaliumtitriermethode genau bestimmt.

*) Den Aufbau der Apparatur und die Analysenwerte der Vorversuche und Tierversuche verdanke ich dem Assistenten des Institutes Herrn Dr. Karl Beyer.

Wir leiteten Ozon durch eine neutrale Kaliumjodidlösung, säuerten dann mit Schwefelsäure an und titrierten mit n/10 Thiosulfatlösung.

O_3 zerfällt in $O_2 + O$

Mit der angesäuerten Kaliumjodidlösung reagiert O nach der Formel

$$O + 2\,HJ = H_2O + 2\,J.$$

Die Flüssigkeit färbt sich durch das freigewordene Jod braun, das bei der Titration mit Natrium thiosulfat folgendermaßen reagiert:

$$J_2 + 2\,Na_2S_2O_3 = 2\,NaJ + Na_2S_4O_6.$$

Der Farbumschlag von braun bzw. nach Zusatz von Stärkelösung von blau in farblos zeigt an, daß alles freie Jod an Natrium gebunden ist.

Titriert wurde bei den Vorversuchen jeweils das in 3 l Sauerstoff gebildete Ozon. Wir erhielten dabei als höchsten Wert 6,224 Vol. % Ozon.

Bei Verwendung von Luft betrug der erreichte Ozongehalt 1,85 Vol. %.

Bei den Tierversuchen stuften wir je nach der gewünschten Ozonkonzentration die Strömungsgeschwindigkeiten des Sauerstoffs ab von 7 l bis 20 l/Std., bei 1,8 bis 2,8 Ampère. Dann verdünnten wir das Sauerstoff-Ozon-Gemisch mit Luft. Die angewandten Verdünnungen gebe ich vor jedem Versuch genau an.

Da, wie ich schon erwähnt habe, behauptet wird, die Giftigkeit des Ozons beruhe nur auf den beigemengten Nitroseverunreinigungen (darunter versteht man ein Gemisch verschiedener Oxyde des Stickstoffs und zwar hauptsächlich NO_2 bzw. N_2O_4) wurden diese Stickstoffverbindungen mehrfach genau analysiert:

1. bei aus Luft hergestelltem Ozon
2. bei aus Bombensauerstoff hergestelltem Ozon*).

---

*) Es ist bekannt, daß auch dieser Sauerstoff meist noch einen Gehalt von 0,1 bis 1,0% Stickstoff aufweist.

Wir wollten feststellen, ob die beigemengten Stickstoffverbindungen in unseren Versuchen überhaupt eine schädliche Konzentration erreichten.

1. Der Mittelwert aus 3 Versuchen, in denen 40 l Luft in 2 Stunden bei 2,7 Ampère durch den Ozonisator geleitet wurden, betrug rund

   1,14 mg NO_2 im Liter = 0,060 Vol. % NO_2.

   (Bestimmung der Nitrosen Gase durch Absorption in 20%iger Alkalilauge und Überführung in Ammoniak).

2. Der Mittelwert aus 2 Versuchen, in denen unter sonst gleichen Bedingungen statt Luft Bombensauerstoff verwendet wurde, betrug höchstens

   0,058 mg NO_2 im Liter = 0,003 Vol. % NO_2.

Da diese Konzentration in den Tierversuchen teils noch mehrtausendfach verdünnt wurde und nur bis 30 Minuten auf die Tiere einwirkte, ist sie, berechnet nach den Angaben der Literatur (vgl. W. Wirth) (26) völlig wirkungslos. Die später beschriebenen Erscheinungen sind also reine Ozonwirkungen.

Tierversuche.

Vor Beginn jedes Tierversuches wurde stets unter den gleichen Bedingungen, die während des Versuches herrschten, 1 Stunde vorgeströmt und dann mehrere Voranalysen aus dem Käfig ohne Tiere entnommen. Erst wenn ungefähr die gewünschte Konzentration erreicht war, begann der eigentliche Tierversuch.

Diese Voranalysen ergaben immer einen etwas höheren Ozongehalt als die Hauptanalyse während des Tierversuches, was aus der Unbeständigkeit des Ozons und seiner leichten Reaktion mit organischen Substanzen zu erklären ist.

Die vor den Versuchen angegebenen Strömungsgeschwindigkeiten sind bezogen auf die Zeiteinheit von 1 Stunde.

Ich gebe nun die Tierversuche in der Reihenfolge der steigenden Ozonkonzentration an. In einem Versuch waren stets 2 Katzen.

1. Tierversuch.

Strömung: 2500 l Luft + 20 l Sauerstoff-Ozon-Gemisch. Davon weggeleitet und vernichtet 2440 l. Rest 80 l Gemisch verdünnt mit 2000 l Luft.

Ampère: 2,3.

Versuchsdauer: 30 Minuten.

Entnommen während des Versuches: 169 l.

Ozonkonzentration: 0,00064 Vol. % = 0,012 mg im Liter.

Versuchstier 1 A (Gew. 2,8 kg).

1 Min. leckt die Nase, putzt sich.
3 Min. blinzelt.
4 Min. Atmung 22/Min.
5 Min. Geringe Nasensekretion.
7 Min. Augen werden feucht, halb offen.
9 Min. Sitzt noch ruhig im Käfig u. beobachtet Umgebung.
12 Min. Augen geschlossen, leckt nicht mehr.
17 Min. Unverändert.
20 Min. Leckt die Nase, niest.
22 Min. Atmung normal, 24/Min.
26 Min. Tier sitzt ruhig mit geschlossenen Augen.
29 Min. Atmung jetzt leicht angestrengt 28/Min.

Versuchstier 1 B (Gew. 2,1 kg).

1 Min. leckt die Nase.
3 Min. Wie bei A.
4 Min. Atmung 28/Min.
5 Min. Wie bei A.
7 Min. Augen werden feucht, halb offen, blinzelt, starkes Nasenlecken.
9 Min. Sitzt noch immer ruhig im Käfig, leckt dauernd die Nase. Augen zeitweise geschlossen
12 Min. Unverändert.
17 Min. Unverändert.
20 Min. Schüttelt sich.
22 Min. Beginnt zu speicheln, wischt sich die Augen.
26 Min. Geringes Tränen. Tier wischt immer noch die Augen.
29 Min. Maul halb offen, Atmung 28/Min.

30 Minuten: Ende des Versuches.

Tier verhält sich ruhig, kaum beschleunigte Atmung, frißt gleich.

Tier verhält sich ruhig, Atmung 32/Min.

Auch in den nächsten Stunden bei beiden Tieren kein kranker Eindruck.

Blutbilder.

a) vor dem Versuch*)

Hämoglobin (Hb): 72%
Erythrocyten (Ery): 6,6 Mill.
Hb = 70%, Ery = 6,8 Mill.

Hämoglobin (Hb): 82%
Erythrocyten (Ery): 7,0 Mill.
Hb = 80%, Ery = 7,2 Mill.

*) Es wurde stets ein Blutbild direkt vor dem Versuch gemacht, bei den meisten Versuchen ein zweites 24 oder 48 Stunden vorher.

b) nach dem Versuch

Nach 5 Stunden:	Nach 5 Stunden:
Hb = 72%, Ery = 6,9 Mill.	Hb = 84%, Ery = 7,6 Mill.
getötet nach 24 Stunden.	überlebt.

Sektionsbericht von 1A.

Lungengewicht: 9,1 g/kg Körpergewicht (normal 7—8 g/kg K. Gewicht).

Lunge: Fast vollständig kollabiert. Farbe leicht cyanotisch, Randemphysem, besonders in den Oberlappen. Von der Schnittfläche läßt sich kaum Flüssigkeit auspressen. Keine gröberen makroskopisch sichtbaren, pathologischen Veränderungen. Trachea und andere Organe o. b. B.

Beurteilung: Sehr geringe Reizerscheinungen während des Versuches. Wenig Nasensekretion und Augentränen. Atmung gegen Ende leicht angestrengt. Katze 1 B speichelt. Kein kranker Eindruck nach dem Versuch.

Blutbild: Keine deutlichen Veränderungen.

Sektionsbefund: Keine gröberen pathologischen Veränderungen in der Lunge.

2. Tierversuch.

Strömung: 2500 l Luft + 20 l Sauerstoff-Ozon-Gemisch. Davon vernichtet 2420 l. Rest 100 l Gemisch verdünnt mit 1500 l Luft.

Ampère: 2,3.

Versuchsdauer: 30 Minuten.

Entnommen während des Versuches: 202,8 l.

Ozonkonzentration: 0,001 Vol. % = 0,02 mg/l.

Versuchstier 2A (3 kg).	Versuchstier 2B (2,3 kg).
2 Min. Tier sitzt ruhig, schaut um sich, leckt Nase.	2 Min. Wie bei A.
3 Min. Geringe Nasensekretion.	3 Min. Geringe Nasensekretion, Nießen, Blinzeln, feuchte Augen.
5 Min. Augen halb geschlossen.	5 Min. Schüttelt sich, Augen halb geschlossen.
7 Min. Niesen.	7 Min. Wie bei A.
10 Min. Atmung 30/Min.	10 Min. Atmung 44/Min., etwas angestrengt.
13 Min. Niesen, verhält sich ruhig.	13 Min. Leichte Flankenatmung.

15 Min. Unverändert ruhig. Augen geschlossen.
19 Min. Nausea (Brechbewegungen)
21 Min. Liegt ruhig.
25 Min. Atmung 46/Min., ziehend.

15 Min. Beginnt zu speicheln, Defäkation.
19 Min. Maul etwas geöffnet, Flankenatmung 64/Min.
21 Min. Glasfäden.
25 Min. Stoßweise Flankenatmung 72 pro Min., Augen fast geschlossen.

30 Minuten: Ende des Versuches.

Atmung leicht angestrengt 52/Min. „Schläfrigkeit". Keine Geräusche über der Lunge hörbar. Tier erholt sich in der ersten Stunde wieder vollständig.

Flankenatmung 66/Min., Defäkation. Stöhnen beim Ausatmen. Keine Geräusche über der Lunge hörbar. Tier erholt sich in der ersten Stunde wieder vollständig.

Blutbilder.

a) vor dem Versuch

Hb = 68%, Ery = 6,7 Mill.
Hb = 71%, Ery = 6,9 Mill.

Hb = 70%, Ery = 7,1 Mill.
Hb = 70%, Ery = 7,1 Mill.

b) nach dem Versuch

Nach ½ Stunde:
Hb = 72%, Ery = 7,2 Mill.
Nach 15 Stunden:
Hb = 75%, Ery = 7,1 Mill.
überlebt.

Hb = 71%, Ery = 7,4 Mill.
Hb = 76%, Ery = 7,3 Mill.
getötet nach 24 Stunden.

Sektionsbericht von 2B.

Lungengewicht 9,1 g/kg. Lunge fast vollständig kollabiert. Unterlappen bläulichrosa. Randemphysem besonders in den Oberlappen. Von der Schnittfläche läßt sich kaum Flüssigkeit auspressen. Keine gröberen makroskopisch sichtbaren pathologischen Veränderungen.

Trachea und andere Organe o. b. B.

Beurteilung: Schwache Reizerscheinungen. Blinzeln, Nasensekretion, Niesen, mäßige Atembeschleunigung und Schläfrigkeit. Bei 2A kurz dauernde Nausea. Bei 2B Defäkation und Speicheln. Beide Tiere erholen sich im Laufe der ersten Stunde.

Blutbild: Geringgradige Vermehrung der Hämoglobin- und Erythrocytenwerte.

Sektionsbefund: Keine gröberen Lungenveränderungen.

3. Tierversuch.

Strömung: 2000 l Luft + 20 l Sauerstoff-Ozon-Gemisch.

Davon vernichtet 1720 l. Rest 300 l Gemisch verdünnt mit 1300 l Luft.

Ampère: 2,3.

Versuchsdauer: 30 Minuten.

Entnommen während des Versuches: 236,6 l.

Ozonkonzentration: 0,00299 Vol. % = 0,0598 mg/l.

Versuchstier 3 A (3,85 kg).	Versuchstier 3 B (3,2 kg).
1 Min. Schüttelt sich, leckt die Nase.	1 Min. Niest, viel flüssiger Speichel, Nasensekret.
2 Min. Nasensekret, Atmung 44/Min	2 Min. Glasfäden.
3 Min. Augen feucht, halb geschlossen.	3 Min. Atmung 56/Min. Tier steht, hustet.
5 Min. Atmung 36/Min. leicht angestrengt. Tier liegt ruhig.	5 Min. Blinzeln, reichlich wäßriger Speichel u. Glasfäden. Augen halb offen.
10 Min. Angedeutete Flankenatmung 36/Min. Glasfäden.	10 Min. Etwas flache Atmung. 48/Min. „Schläfrigkeit".
13 Min. Stoßweise Flankenatmung, 44/Min. Katze hat sich aufgesetzt u. schaut um sich.	13 Min. Bauchlage, „Schläfrigkeit".
15 Min. Bauchlage, Augen fast zu, „Schläfrigkeit", Atmung 44/Min.	15 Min. Atmung leicht krampfhaft, sonst unverändert.
19 Min. Nasenflügelatmung.	19 Min. Nur noch wenig Glasfäden, Zungenspitze etwas vorgestreckt.
23 Min. Bauchlage, Atmung 44/Min. Flankenatmung.	23 Min. Bauchlage, leichtes Nasenflügelatmen, Maul etwas geöffnet.
28 Min. Atmung stoßweise, 44/Min. „Schläfrigkeit", Bauchlage.	28 Min. Flankenatmung 56/Minute. Wenig zäher Speichel. Sonst unverändert.

30 Minuten: Ende des Versuches.

Katze will weglaufen, geht im Käfig gleich in Bauchlage. Augen fast geschlossen, Zunge hängt etwas vor, Atmung tief, stoßweise, 44/Min. Nach 1 Std. erholt sich das Tier wieder.	Katze will weglaufen, stellt sich im Käfig auf Vorderfüße, Augen weit offen, kein Speicheln mehr. Atmung ziemlich oberflächlich. 40/Min, Tier erholt sich bereits nach 15 Minuten.

Blutbilder.

a) vor dem Versuch

Hb = 85%, Ery = 8,4 Mill.	Hb = 81%, Ery = 8,5 Mill.
Hb = 84%, Ery = 8,7 Mill.	Hb = 82%, Ery = 9,2 Mill.

b) nach dem Versuch

Nach ½ Stunde:	
Hb = 87%, Ery = 8,8 Mill.	Hb = 86%, Ery = 9,7 Mill.
Nach 6 Stunden:	
Hb = 87%, Ery = 8,6 Mill.	Hb = 87%, Ery = 10,2 Mill.
Nach 24 Stunden:	
Hb = 88%, Ery = 9,2 Mill.	Hb = 88%, Ery = 10,0 Mill.
Nach 48 Stunden:	Hb = 82%, Ery = 9,4 Mill.
Getötet nach 24 Stunden.	überlebt.

Sektionsbericht von 3 A.

Lungengewicht 13,4 g/kg. Lunge: Unterlappen bläulichrosa mit helleren bis linsengroßen Flecken und einigen dunkelroten, teils konfluierenden bis erbsengroßen Bezirken. Randemphysem besonders im Oberlappen. Lunge kollabiert beim Schneiden nicht vollständig. Von der Schnittfläche läßt sich vermehrt hämorrhagische Flüssigkeit auspressen. Trachea o. b. B. Niere: Stauung an der Mark/Rindengrenze. (Keine Ozonwirkung).

Beurteilung: Mäßig starke Reizwirkungen. Blinzeln, Augentränen, Nasensekretion, Niesen, starkes Speicheln, „Schläfrigkeit", beschleunigte, stoßweise Flankenatmung. 3 A erholt sich nach etwa einer Stunde, 3 B macht bereits nach 15 Minuten wieder gesunden Eindruck.

Blutbild: Ansteigen der Hämoglobin- und Erythrocytenwerte.

Sektionsbefund: mäßiges Lungenödem.

4. Tierversuch.

Strömung: 2000 l Luft + 20 l Sauerstoff-Ozon-Gemisch.

Davon vernichtet 1670 l. Rest 350 l Gemisch verdünnt mit 1200 l Luft.

Ampère: 2,3.

Versuchsdauer: 30 Minuten.

Entnommen während des Versuches: 169 l.

Ozonkonzentration: 0,00334 Vol. % = 0,067 mg/l.

Versuchstier 4 A (Gew. 2,7 kg).	Versuchstier 4 B (Gew. 2,4 kg).
1 Min. Leckt die Nase, niest, schüttelt sich.	1 Min. Niest, Augentränen, Speicheln.
2 Min. Speicheln, Maul halb offen.	2 Min. Leichte Unruhe, beschleunigte etwas krampfhafte Atmung.
3 Min. Glasfäden, Nasenflügel- und Flankenatmung.	3 Min. Defäkation. Sonst wie bei A.
5 Min. Atmung unregelmäßig, 56/ Min. Nasensekretion, Augentränen.	5 Min. Atmung 66/Min. Maul halb offen, Nasensekretion.
7 Min. Stoßweise Atmung, Augen halb geschlossen.	7 Min. Unregelmäßige stoßweise Atmung, 66/Min. Augen halb geschlossen.
10 Min. Atmung 96/Min., unregelmäßig, stark stoßweise, Kopf vorgestreckt.	10 Min. Bauchlage, Atmung 80/Min. Unregelmäßigkeit, stoßweise, Kopf vorgestreckt.
13 Min. Unruhe, offenes Maul, sehr schlechte Atmung, 100/Min.	13 Min. Unverändert.
15 Min. Husten, Maul weit offen Zunge hängt etwas vor.	15 Min. Maul offen, Atmung 110/ Min.
20 Min. Seitenlage, vergebliche Aufrichtungsversuche.	20 Min. Seitenlage, Tier kann sich noch nicht wieder aufrichten.
22 Min. Atmung 120/ Min. Seitenlage.	22 Min. Atmung 140/Min. Bauchlage.
26 Min. Fällt in Seitenlage, bleibt ruhig liegen.	26 Min. Krämpfe, unruhig, wälzt sich herum, fällt immer wieder in Seitenlage.
29 Min. Seitenlage.	29 Min. Sitzt im Käfig.

30 Minuten: Ende des Versuches.

Tier bleibt ruhig in Seitenlage liegen, Atmung 70/Min. Puls 148. Über der Lunge ist deutlich Pfeifen und Schnurren hörbar. Nach etwa 2 Std. erholt sich das Tier wieder.	Tier will sich aufrichten, fällt aber in Seitenlage. Atmung 148/Min. Puls 172/Min. Offenes Maul, Lungengeräusche wie bei A. Nach 2 Stunden hat sich das Tier bereits wieder erholt.

Blutbilder.

a) vor dem Versuch

Hb = 67%, Ery = 6,3 Mill.	Hb = 75%, Ery = 7,2 Mill.
Hb = 66%, Ery = 6,8 Mill.	Hb = 76%, Ery = 7,6 Mill.

b) nach dem Versuch

Nach ½ Stunde:

Hb = 70%, Ery = 7,1 Mill.	Hb = 80%, Ery = 8,0 Mill.

Nach 6 Stunden:	
Hb = 69%, Ery = 7,0 Mill.	Hb = 80%, Ery = 8,0 Mill.
Nach 24 Stunden:	
Hb = 78%, Ery = 8,2 Mill.	Hb = 87%, Ery = 8,4 Mill.
Getötet nach 24 Stunden.	überlebt.

Sektionsbericht von 4A.

Lungengewicht: 13,5 g/kg. Lunge: Nicht vollständig kollabiert, Unterlappen bläulich rosa. Randemphysem besonders in den Oberlappen. Von der Schnittfläche läßt sich vermehrt hämorrhagische Flüssigkeit auspressen. Trachea und andere Organe o. b. O.

Beurteilung: Starke Reizerscheinungen. Niesen, Nasensekretion, Augentränen, Speicheln, stoßweise, stark beschleunigte Flankenatmung. Maul beim Atmen weit offen. Beide Tiere taumeln und fallen gegen Ende des Versuches in Seitenlage. Bei 4B Defäkation und Krämpfe. 2 Stunden nach Versuchsende erholen sich beide Tiere bereits wieder.

Blutbild: Deutliche Vermehrung der Hämoglobin- und Erythrocytenwerte nach 24 Stunden.

Sektionsbefund: mäßiges Lungenödem.

5. Tierversuch.

Strömung: 2400 l Luft + 7 l Sauerstoff-Ozon-Gemisch.
Ampère: 1,8.
Versuchsdauer: 30 Minuten.
Entnommen während des Versuches: 100 l.
Ozonkonzentration: 0,0084 Vol. % = 0,168 mg/l.

Versuchstier 5A Gew. 2,1 kg).	Versuchstier 5B (Gew. 2,5 kg).
1 Min. Speicheln, Blinzeln.	1 Min. Speicheln, schüttelt sich.
3 Min. Glasfäden, ist etwas unruhig.	3 Min. Glasfäden.
4 Min. Augen halb geschlossen.	4 Min. Atmung etwas krampfhaft, 64/Min.
6 Min. Atmet mit halb offenem Maul.	6 Min. Nasenflügel- und Flankenatmung mit halb offenem Maul.
7 Min. Bauchlage, Brechbewegungen	7 Min. Bauchlage unverändert.
10 Min. Atmung 42/Min., stoßweise, unregelmäßig. Augen offen.	10 Min. Flankenatmung, Augen offen.

12 Min. Sitzt, Kopf vorgestreckt, Maul etwas geöffnet, reichlich Glasfäden, gelegentlich Brechbewegungen. Unregelmäßige Flankenatmung.	12 Min. Zunge hängt halb aus dem geöffneten Maul.
16 Min. Atmung 40/Min., unregelmäßig, stoßweise.	16 Min. Atmung 70/Min., Tier liegt noch immer ruhig im Käfig.
25 Min. Atmung 36/Min.	25 Min. Atmung 72/Min.

30 Minuten: Ende des Versuches.

Will fortlaufen, ist lebhafter als B. Sofort Rasseln über d. Lunge hörbar u. später fühlbar. Atmung 40/Min. Nach 9 Stunden lautes Stöhnen beim Ausatmen. Atmung 52/Min. Schwerkranker Eindruck. Nach 24 Stunden Atmung 56/Min. Noch Rasseln über d. Lunge. Tier liegt ruhig im Käfig; ist bereits bedeutend frischer. Am 2. Tag fast normaler Eindruck. Nach 6 Tagen liegt das Tier morgens wieder schwerkrank im Käfig. Es kann sich nicht mehr aufrichten. Atmung 32/Min. Nachmittags Exitus.	Vermeidet jede Bewegung. Sofort Rasseln über d. Lunge hörbar, später fühlbar. Tier geht im Käfig in Bauchlage. Atmung stoßweise 70/Min. Nach 9 Std. Keuchen beim Ausatmen. Flankenatmung 100/Min. Schwerkranker Eindruck. Nach 24 Std. Atmung 58/Min. Rasseln noch hörbar. Tier macht frischeren Eindruck.

Blutbilder.

a) vor dem Versuch

Hb = 75%, Ery = 7,0 Mill.	Hb = 67%, Ery = 6,7 Mill.
Hb = 77%, Ery = 6,8 Mill.	Hb = 70%, Ery = 6,9 Mill.

b) nach dem Versuch

Nach ½ Stunde:	
Hb = 80%, Ery = 7,3 Mill.	Hb = 84%, Ery = 10,1 Mill.
Nach 7 Stunden:	
Hb = 97%, Ery = 10,5 Mill.	Hb = 94%, Ery = 10,8 Mill.
Nach 24 Stunden:	
Hb = 80%, Ery = 8,2 Mill.	Hb = 80%, Ery = 7,7 Mill.
Nach 48 Stunden:	
Hb = 68%, Ery = 6,5 Mill.	
Exitus nach 6½ Tagen.	Getötet nach 24 Stunden.

Sektionsbericht von 5A. (Tier stark abgemagert). Lungengewicht: 12,8 g/kg. Lunge zeigt normale rosa Farbe, kein pneumonischer Herd, kein makroskopisch sichtbarer pathologischer Befund. Trachea und andere Organe o. b. O.

Sektionsbericht von 5 B.

Lungengewicht: 20,3 g/kg. Lunge überdeckt bei Eröffnung des Thorax teilweise das Herz. Oberfläche schmutzig rotweiß marmoriert, stellenweise mehr bräunliche Verfärbung. Randemphysem besonders deutlich in den Oberlappen. Lunge kollabiert beim Schneiden nicht. Von der Schnittfläche läßt sich reichlich hämorrhagische Flüssigkeit auspressen. Trachea angefüllt mit schaumigem nicht-hämorrhagischem Sekret. Andere Organe o. b. B.

Beurteilung: Starke Reizwirkungen. Blinzeln, Speicheln, Nasensekretion, Augentränen, krampfhafte unregelmäßige Flankenatmung mit offenem Maul. Bei 5 A Brechbewegungen. Nach dem Versuch bei beiden Tieren Rasseln über der Lunge laut hörbar. Stöhnen bzw. Keuchen beim Ausatmen. Nach 24 Stunden noch schwerkranker Eindruck.

Blutbild: Höchster Hämoglobin- und Erythrocytenwert nach 7 Stunden.

Sektionsbefund von 5 A gibt keine Erklärung für die Todesursache.

Sektionsbefund von 5 B: starkes Lungenödem.

6. Tierversuch.

Strömung: 1000 l Luft + 20 l Sauerstoff-Ozon-Gemisch.

Davon vernichtet 120 l. Rest 900 l Gemisch verdünnt mit 1000 l Luft.

Ampère: 2,3.

Versuchsdauer: 30 Minuten.

Ozonkonzentration: 0,0161 Vol. % = 0,322 mg/l.

Versuchstier 6 A (Gew. 2,8 kg).	Versuchstier 6 B (Gew. 2,4 kg).
1 Min. Niesen, flüssiger Speichel u. Glasfäden.	1 Min. Wie bei A.
2 Min. Feuchte Augen, Blinzeln.	2 Min. Augen feucht, halb geschlossen. Kopf vorgestreckt, Atmung 108/Min.
4 Min. Atmung 28/Min. Reichlich Glasfäden.	4 Min. Beginnende Flankenatmung. reichlich Glasfäden.
7 Min, Läuft umher, ist unsicher.	7 Min. Unruhig, Maul etwas geöffnet, stark beschleunigte Atmung, 116/Min.

12 Min. Taumelnder Gang, beginnende Flankenatmung, 54/Min.

15 Min. Stoßweise unregelm. Flankenatmung, 72/Min. Bauchlage, fällt auf die Seite.

18 Min. Bauchlage, Atmung mit halboffenem Maul 84/Min. Zunge etwas vorgestreckt. Nur noch wenig Speichel.

21 Min. Nasenflügelatmung, Taumeln, Kopf vorgestreckt, Augen fast geschlossen. Atmung 104/Min.

24 Min. Bauchlage, unregelmäßige Flankenatmung 116/Min.

27 Min. Unverändert, liegt ruhig.

29 Min. Atmung 92/Min. Sonst unverändert.

12 Min. Bauchlage, Atmung mit halboffenem Maul, 104/Min.

15 Min. Liegt teilnahmslos, Zunge etwas vorgestreckt.

18 Min. Geht in Seitenlage, Nasenflügelatmung, stoßweise 104/Min.

21 Min. Seitenlage, nur noch wenig Speichel. Augen fast geschlossen, Taumeln, starke stoßweise Flankenatmung.

24 Min. Unregelmäßige, stoßweise Flankenatmung 112/Minute, Zunge leicht zyanotisch.

27 Min. Wechselt dauernd Lage. Fällt auf die Seite. Richtet Oberkörper wieder auf. Taumelt.

29 Min. Atmung 116/Min. Unruhig, Maul weit offen. Defäkation.

30 Minuten: Ende des Versuches.

Katze will weglaufen, normaler Gang. Flankenatmung 80/Min. Über der Lunge Rasseln fühlbar. Liegt dann schläfrig in Bauchlage im Käfig. Nach 24 Stunden noch schwerkrank, Flankenatmung 60/Min. Am 3. Tag normales Verhalten.

Unruhig, kann kaum laufen. Atmung mit weit offenem Maul 168/Min. Rasseln über der Lunge fühlbar. Tier wechselt im Käfig dauernd die Lage, fällt immer wieder in Seitenlage. Nach 18 Min. tiefe unregelmäßige Atmung 30/Min. Weite Pupillen, Schaumbildung. Exitus 22 Min. nach Versuchsende.

Blutbilder.

a) vor dem Versuch

Hb = 80%, Ery = 8,6 Mill.

b) nach dem Versuch

Nach ½ Stunde:
Hb = 88%, Ery = 9,8 Mill.
Nach 6 Stunden:
Hb = 93%, Ery = 10,6 Mill.
Nach 24 Stunden:
Hb = 95%, Ery = 10,0 Mill.

Nach 48 Stunden:
Hb = 75%, Ery = 8,5 Mill.
Überlebt.

Sektionsbericht von 6B.

Lungengewicht: 19,4 g/kg. Lunge: Rosaweiß marmoriert, mit frischroten, hirsekorngroßen teils konfluierenden Stellen auf der Oberfläche. Randemphysem besonders in den Oberlappen. Große Bronchien mit leicht hämorrhagischem Schaum gefüllt. Lunge kollabiert beim Schneiden nicht. Von der Schnittfläche läßt sich vermehrt hämorrhagische Flüssigkeit auspressen. Trachea mit leicht hämorrhagischem Schaum angefüllt. Laktierende Milchdrüsen.

Beurteilung: Sehr starke Reizerscheinungen während des Versuches. Bei beiden Katzen stark beschleunigte, unregelmäßige, stoßweise Flankenatmung mit offenem Maul. Bei 6A bereits nach 7 Minuten Taumeln. Tier liegt gegen Versuchsende ruhig im Käfig. 6B geht in der zweiten Hälfte des Versuchs in Seitenlage, wird sehr unruhig, taumelt, wechselt dauernd die Lage, Defäkation. Nach dem Versuch ist bei beiden Tieren über der Lunge Rasseln fühlbar. 6A ist schläfrig und macht erst am 3. Tag wieder normalen Eindruck. 6B ist weiter unruhig, Exitus 22 Minuten nach Versuchsende.

Blutbild: Höchster Hämoglobin- und Erythrocytenwert nach 6 und 24 Stunden.

Sektionsbefund: starkes Lungenödem.

7. Tierversuch.

Strömung: 1000 l Luft + 20 l Sauerstoff-Ozon-Gemisch.
Ampère: 2,8.
Versuchsdauer: 15 Minuten.
Entnommen während des Versuches: 50 l.
Ozonkonzentration: 0,044 Vol. % = 0,88 mg/l.

Versuchstier 7A (Gew. 2,5 kg).	Versuchstier 7B (Gew. 2,9 kg).
1 Min. Speicheln, Blinzeln, Augentränen.	1 Min. Wie bei A.
2 Min. Glasfäden, krampfhafte Atmung mit weitoffenem Maul.	2 Min. Glasfäden. Taumeln.

4 Min. Sitzt mit geschlossenen Augen ruhig im Käfig.	4 Min. Beschleunigte Atmung. Maul weit offen, Brechbewegungen Augen fast geschlossen.
5 Min. Unverändert.	5 Min. Geht in Seitenlage, kann sich nicht mehr aufrichten.
7 Min. Liegt ruhig, speichelt nur noch wenig.	7 Min. Unruhig.
10 Min. Stoßweise Flankenatmung.	10 Min. Atmung sehr unregelmäßig. Unruhig, fällt immer wieder in Seitenlage.
14 Min. Unverändert.	14 Min. Unverändert in Seitenlage.
15 Minuten Ende des Versuchs.	
Tier legt sich hin, vermeidet jede Bewegung. Atmung 80/Min. Lautes Rasseln über d. Lunge. Taumeln. Brechbewegungen. Nach 15 Min. Unruhe, fällt in Seitenlage, blutiger Speichelfaden. Exitus 18 Min. nach Versuchsende.	Langsame tiefe Atmung. Puls 88/Min. Rasseln über d. Lunge. Exitus 7 Min nach Versuchsende.

Sektionsbefund von 7A.

Lungengewicht 21,5 g/kg. Lunge: Überdeckt bei Eröffnung des Thorax das Herz bis auf etwa 4 qcm. Große Bronchien mit leicht hämorrhagischem Sekret gefüllt. Ganze Lunge hellrot-weiß marmoriert mit verstreuten punkt- bis linsengroßen frischroten Flecken. Randemphysem besonders in den Oberlappen. Lunge kollabiert beim Schneiden nicht. Von der Schnittfläche läßt sich reichlich hämorrhagische Flüssigkeit auspressen. Andere Organe o. b. B. Trachea: Bis oben angefüllt mit leicht hämorrhagischem Schaum.

Sektionsbericht von 7B.

Lungengewicht: 22,0 g/kg. Lunge: Weiß-rot marmoriert, mit vereinzelt braunroten Flecken, sonst Befund wie bei 7A. Milz: Durchsetzt mit kleinen weißen bis hirsekorngroßen Knötchen. Tuberkulose fraglich.

Beurteilung: Schwere Reizerscheinungen während des Versuches. 7A zeigt nach 2 Minuten krampfhafte Atmung mit weitoffenem Maul. Nach Beendigung des Versuches Rasseln über der Lunge, Taumeln, Brechbewegungen, Unruhe. Exitus 18 Min. nach Versuchsende. 7B taumelt bereits nach 2 Min., At-

mung unregelmäßig und beschleunigt mit offenem Maul. Schon im Versuch Unruhe. Nach Schluß des Versuches langsame tiefe Atmung. Exitus 7 Minuten nach Versuchsende.

Sektionsbefund: Bei beiden Tieren starkes Lungenödem.

8. Tierversuch.

Strömung: 180 l Luft + 20 l Sauerstoff-Ozon-Gemisch.
Ampère: 2,8.
Versuchsdauer: Bei 8 A: 8 Minuten, bei 8 B: 9½ Minuten.
Entnommen während des Versuches: 7,6 l.
Ozonkonzentration: 0,2 Vol.% = 4 mg/l.

Versuchstier 8 A (Gew. 2,6 kg).

1 Min. Speicheln, Glasfäden, Unruhe, Fluchtversuche.
2 Min. Augen halb geschlossen, Blinzeln.
3 Min. Leichte Orthopnoe, offenes Maul.
4 Min. Seitenlage, kann sich nicht mehr aufrichten.
5 Min. Langsame Flankenatmung, versucht sich aufzurichten, taumelt.
6 Min. Defäkation.
7 Min. Langsame, tiefe, stoßweise Atmung 6/Min.
8 Min. Ende des Versuches.

Tier atmet nicht mehr, Cornealreflex negativ, Exitus bereits eingetreten.

Versuchstier 8 B (Gew. 2,3 kg).

1 Min. Speicheln, Unruhe.
2 Min. Wie bei A.
3 Min. Leichte Orthopnoe, offenes Maul, Glasfäden.
4 Min. Unverändert.
5 Min. Taumelt, sitzt mit gespreizten Vorderfüßen.
6 Min. Taumelt, Augen halb offen.
7 Min. Unregelmäßige Flankenatmung, 42/Min.
8 Min. Brechbewegungen.
9 Min. Streckkrampf der vorderen Extremitäten.
9½ Min. Ende des Versuches.

Defäkation, Würgen, cyanotische Zunge, Puls 125/Min. Exitus 5 Min. nach Versuchsende. Künstliche Atmung ohne Erfolg.

Sektionsbericht von 8 A.

Lungengewicht 22,8 g/kg. Lunge: Starke Marmorierung in allen Lappen, Unterlappen dunkel mit vereinzelt bräunlichen Flekken. Über der ganzen Lunge verstreut stecknadelkopf- bis linsengroße teils zusammenhängende frischrote Stellen, Randemphysem

besonders in den Oberlappen. Lunge kollabiert beim Schneiden nicht. Von der Schnittfläche läßt sich reichlich hämorrhagische Flüssigkeit auspressen. Trachea bis oben mit schaumigem Schleim gefüllt, geringgradig injiziert. Andere Organe o. b. B.

Sektionbericht von 8B

Lungengewicht: 29,1 g/kg. Lunge und Trachea wie bei A.

Beurteilung: Schwerste Allgemeinerscheinungen. 8A kann sich nach 4 Minuten nicht mehr aufrichten. Atmung mit offener Schnauze, stoßweise, gegen Versuchsende sehr langsam und tief. Defäkation. Beim Herausnehmen nach 8 Minuten ist Katze bereits tot. 8B taumelt nach 5 Minuten, unregelmäßige Flankenatmung, Brechbewegungen, Streckkrampf der vorderen Extremitäten, Defäkation. Exitus 5 Minuten nach Versuchsende.

Sektionsbefund: Bei beiden Tieren starkes Lungenödem.

Besprechung der Ergebnisse.

Der neuen Behauptung über die Ungiftigkeit reinen Ozons, die besonders von Fisch (6, 7) und Payr (20) aufgestellt wurde, stehen die Meinungen vieler Pharmakologen und Hygieniker gegenüber, die früher an Hand einer Reihe von Tierversuchen die Giftigkeit von Ozon bewiesen haben. Allerdings unterschieden sie nicht wie Fisch u. Payr zwischen Ozon, hergestellt aus Luft und Ozon, hergestellt aus reinem Sauerstoff. Ich konnte durch Vorversuche feststellen, daß bei dem benutzten Ozonisierungsapparat aus Bombensauerstoff z. B. 6% Ozon und 0,003% nitrose Gase entstanden. Nach den in der folgenden Tabelle zusammengestellten Versuchen wirkt 0,2% Ozon für Katzen schon nach 8—9 Minuten langer Einatmung tödlich. Die in dieser Ozonkonzentration enthaltene Menge von Nitrosen Gasen beträgt nur 0,0001%.

In einem aus Luft hergestellten 1,85%igen Ozon wurden 0,06% Nitrose Gase gefunden. Wird ein derartiges Ozongemisch bis auf einen Gehalt von 0,2% Ozon verdünnt, so sinkt die Menge der Nitrosen Gase auf 0,0065%.

Nach W. Wirth (26) wirken selbst 0,025% Nitrose Gase bei 1½stündiger Einatmung noch nicht tödlich. Sogar bei Verwendung von aus Luft hergestelltem Ozon dürfte also die Beimischung von Nitrosen Gasen ohne Bedeutung für die Giftigkeit des Ozons sein.

Schulz (21) sah bei chronischen Ozoneinwirkungen (Konzentration nicht ermittelt) als Folge Lungenödem, Bronchitis, Blutextravasate und beginnende Pneumonie. Er beobachtete keine Veränderungen der Trachealschleimhaut und bestreitet jede unmittelbare Ätzwirkung des Ozons auf die Lunge. Versuche von Konrich (14) an Kaninchen, Ratten und weißen Mäusen ergaben bei einem mittleren Ozongehalt von 10 mg/cbm starke Schädigungen und teilweise tödliche Wirkung. Während des Versuches fand Konrich Schläfrigkeit, dann unregelmäßige, stoßweise Atmung mit langen Atempausen ante exitum. Nach seiner Ansicht soll der Tod durch Atemlähmung eintreten. Seine Sektionsbefunde ergaben starke Lungenhämorrhagien. Bei seinen Versuchen an Menschen zeigte sich bereits bei nicht quantitativ bestimmbaren Ozonmengen Brennen in den Augenlidern, Hustenreiz und Müdigkeit. Ferner sind als Ozonwirkung beim Menschen bekannt Schweißausbruch, Schwindel, Stirnkopfschmerz und Schmerzen unter dem Brustbein. Von Dadley (3, 4) wird angegeben, daß bereits bei 1 bis 1,5 mg/cbm nach 30 Minuten erste Symptome der Reizung der Schleimhäute der Atmungswerkzeuge auftreten. Dewar und McKendrick (5) geben bei „stark ozonisierter Luft" Herabsetzung der Herztätigkeit, Sinken der Körpertemperatur um 3—5° und Tod durch Lungenödem mit Emphysem meist unter Krämpfen an.

Auch in unseren Versuchen wurde als Todesursache bei der Sektion Lungenödem mit Emphysem festgestellt. Das Lungenödem war bereits nach einigen Minuten (im Versuch 8 A nach 8 Minuten) sehr erheblich.

Ansteigen der Hämoglobin- und Erythrocytenwerte sind bereits in der Literatur (15) bekannt. Sie wurden durch meine Versuchsergebnisse bestätigt.

Relativ häufig kam es in oder kurz nach den Versuchen zu Stuhlentleerungen. Sugano (23) berichtet über Ozoneinfluß auf den Darm. Seine Versuche zeigten, daß der durch Gifte gelähmte Darm durch Ozon wieder belebt wurde.

Zusammenfassung.

Es wurden acht Versuche mit je 2 Katzen bei wechselnden Ozonkonzentrationen, von 0,012 bis 4 mg/l (0,00064 bis 0,20 Vol.%) ausgeführt. Versuchsdauer 8 bis 30 Minuten. Wie Vorversuche zeigten, war eine schädliche Wirkung durch die auch bei Verwendung von Bombensauerstoff noch vorhandenen Nitrosen Gase ausgeschlossen, da ihre Konzentration viel zu gering war.

0,012 mg Ozon im Liter ist bei einer Einwirkung von 30 Minuten wohl als Grenzwert der schädlichen Ozonwirkung aufzufassen. Die Tiere zeigten während des Versuches nur geringe Reizerscheinungen.

Bei 0,0598 mg Ozon im Liter ist bei der Sektion zuerst Lungenödem makroskopisch feststellbar.

Bei 0,322 mg Ozon im Liter und einer Einwirkungszeit von 30 Minunten wurde in meinen Versuchen die tödliche Grenze bei Einatmung des Ozons erreicht. Eine Katze starb 52 Minuten nach Versuchsbeginn. Die andere Katze war schwerkrank.

0,88 mg Ozon im Liter war bereits nach 15 Minuten langer Einwirkung für beide Katzen tödlich. Ein Tier starb 22 Minuten nach Versuchsbeginn, das andere 32 Minuten nach Versuchsbeginn.

Bei 4 mg im Liter starben die Tiere schon innerhalb ¼ Stunde nach 8 bis 9½ Minuten langer Einatmung.

Der Sektionsbefund ergab bei allen durch Ozonwirkung gestorbenen und bei den nach 24 Stunden getöteten kranken Tieren stets Lungenödem mit Emphysem. Die Schwere des Lungenödems war abhängig von der eingeatmeten Ozonmenge.

Nach der Ozoneinatmung kommt es auch in Fällen, wo kein Ödem nachweisbar ist, zu einer Steigerung des Hämoglobingehaltes und der Erythrocytenzahlen.

Die in der Literatur beschriebenen schädlichen Ozonwirkungen dürfen nicht ohne weiteres auf Beimischung von Nitrosen Gasen zurückgeführt werden.

Die beschriebenen Einatmungsergebnisse sind auf reine Ozonwirkungen zurückzuführen, die deutlich die gefährliche, bei höheren Konzentrationen tödliche Ozonwirkung beweisen. Auch das aus reinem Sauerstoff hergestellte Ozon ist giftig.

Tabelle.

Einatmungsversuche mit Ozon an Katzen.

*) c = Konzentration in mg/cbm
t = Zeit in Min.

Versuch Nr.		Konzentration mg/l	Konzentration Vol.%	Dauer der Einatmung in Min.	c . t*)	Reizwirkung	Ausgang des Versuches	Lungengewicht bei der Sektion
1	A	0,012	0,00064	30	360	sehr schwach	getötet nach 24 Stunden	9,1 g/kg Körpergewicht
	B						überlebt	
2	A	0,02	0,001	30	600	schwach	überlebt	9,1 g/kg Körpergewicht
	B						getötet nach 24 Stunden	
3	A	0,0598	0,00299	30	1 795	mäßig stark	getötet nach 24 Stunden	13,4 g/kg Körpergewicht
	B						überlebt	
4	A	0,067	0,00334	30	2 010	stark	getötet nach 24 Stunden	13,5 g/kg Körpergewicht
	B						überlebt	
5	A	0,168	0,0084	30	5 040	sehr stark	Exitus nach 6 Tagen	12,8 g/kg Körpergewicht
	B						getötet nach 24 Stunden	20,29 g/kg Körpergewicht
6	A	0,322	0,0161	30	9 660	sehr stark	überlebt	
	B						Exitus 52 Min. nach Versuchsbeginn	19,4 g/kg Körpergewicht
7	A	0,88	0,044	15	13 200	sehr stark	Exitus 32 Min. nach Versuchsbeginn	21,5 g/kg Körpergewicht
	B						Exitus 22 Min. nach Versuchsbeginn	22,0 g/kg Körpergewicht
8	A	4	0,2	8	32 000	sehr stark	Exitus 8 Min. nach Versuchsbeginn	22,8 g/kg Körpergewicht
	B			9 1/2	38 000		Exitus 14 1/2 Min. n. Versuchsbeginn	29,8 g/kg Körpergewicht

Schrifttum.

1. Binz, Berl. Klin, Wschr. 1882, Nr. 1, S. 43.
2. — Berl. Klin, Wschr. 1884, Nr. 40.
3. Dadley, J., Ber. üb. d. ges. Physiol, *43*, 339 (1928).
4. — Ber. üb. d. ges. Physiol. *54*, 681 (1930).
5. Dewar u. Mc. Kendrick, Poggend. Ann. *152*, 329 (1874).
6. Fisch, E. A., Zahnärztl. Rundschau 1936, Nr. 22, S. 952.
7. Fisch, Dtsch. Zahnärztl. Wochenschrift. 1936, Nr. 40/42.
8. Flury-Zernik, Schädliche Gase, Springer-Berlin 1931. S. 115, 116, 160.
9. Gmelin-Kraut, Handb. d. anorg. Chemie, Bd. I, Abtlg. 1, S. 28—50 (1907).
10. Guttmann, Diss. Erlangen 1919.
11. Henderson u. Haggard, Noxious gases, 1927, S. 136.
12. Hill u. Flack, Proc. Royal Soc. London, Serie B, 84 404.
13. Houben, Die Methoden d. organ. Chemie. Verlag Thieme Leipzig 1930. S. 412.
14. Konrich, Ztschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. *73*, 443 (1913).
15. Labbé u. Oudin, Compt. r. *113*, 141 1891).
16. Ladenburg und R. Quasig, Ber. d. dtsch. chem. Gesellsch. *34*, 1184 (1901).
17. Lewin, Gifte u. Vergiftungen, S. 111. (1929).
18. Malten, Münch. Med. Wschr. 1927, Nr. 8. S. 330.
19. Meyer, Forschungen u. Fortschritte, 14. Jahrg. Nr. 20/21. S. 243 (1938).
20. Payr, Arch. f. klin. Chirurgie Bd. *183*, S. 220—291. (1935).
21. Schulz, Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. *29*, S. 364 (1892).
22. Sonntag, H., Ztschr. f. Hygiene *8*, 131 (1890).
23. Sugano, Hayashi, Ber. üb. d. ges. Physiol. *39*, 745 (1927).
24. — Ber. üb. d. ges. Physiol. *40*, 147 (1927).
25. Thieme, J., Münch. Med. Wschr. 1937, Nr. 45, S. 1780.
26. Wirth, W., Naunyn-Schmiedebergs Arch. *157*, 264 (1930).

Lebenslauf.

Am 17. 4. 1912 wurde ich in Ihorst bei Holdorf in Oldenburg geboren. Mein Abitur bestand ich Frühjahr 1932 an der realgymnasialen Studienanstalt zu Osnabrück.

Die vorklinischen Semester verbrachte ich in Münster, Innsbruck und Freiburg, wo ich nach 5 Semestern das Physikum bestand.

Während der klinischen Semester besuchte ich die Universitäten München, Kiel, Münster, Würzburg, die medizinische Akademie Düsseldorf. Oktober 1937 bestand ich in Würzburg mein Medizinisches Staatsexamen.

Hiermit versichere ich ehrenwörtlich, daß ich außer den angegebenen Hilfsmitteln keine sonstigen benutzt habe.

Würzburg, November 1938.

Maria Rust.